OPTIMISASI ALGORITMA GENETIK UNTUK PERMASALAHAN TATALETAK MESIN

Dani Lesmiadi[1], Manahan P, Sialagan[2], Khusnul Novianingsih[3]

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Program Strata I Jurusan Teknik Informatika
Universitas Komputer Indonesia

Absatrak

Jurnal ini memberikan uraian tentang metode algoritma genetik dalam memecahkan masalah tataletak mesin serta membandingkannya dengan metode konvensional. Mengembangkan tataletak mesin adalah suatu langkah penting dalam merancang fasilitas pabrik dalam kaitan dampak tataletak terhadap biaya produksi, waktu dan sebagai konsekwensinya akan mempengaruhi keseluruhan produktifitas lantai kerja. Tataletak mesin yang tidak diatur dengan baik akan mengakibatkan alur bahan yang tidak efisien berkenaan dengan waktu pergerakan antar mesin dan juga mengakibatkan biaya produksi terus meningkat. Sasaran masalah tataletak mesin adalah untuk menemukan penempatan lokasi mesin yang sesuai didalam suatu sel. Metode Algoritma Genetik digunakan untuk memecahkan masalah tataletak memiliki sasaran memperkecil pergerakan setiap bahan yang diproses oleh mesin-mesin di dalam sel.

Kata Kunci : Tataletak mesin, algoritma genetik.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang mendukung pengolahan bahan mentah menjadi bahan jadi di dunia industri berkembang cukup pesat. Hal ini ditandai dengan banyaknya diciptakan teknologi-teknologi berupa mesin yang dibuat untuk mempermudah proses produksi. Seiring dengan kebutuhan akan jumlah maupun variasi produk yang diperlukan oleh pasar kian meningkat dan bervariasi, maka desain produk yang akan diproduksi pun kian komplek, sehingga sebuah produk terkadang tidak cukup diolah oleh sebuah mesin saja, melainkan diperlukan beberapa mesin untuk beberapa proses produksi. Pengolahan bahan yang melibatkan beberapa mesin untuk mengolah bahan tersebut menjadi produk jadi akan memerlukan waktu yang lebih banyak dari pada bahan mentah yang diolah oleh satu mesin saja untuk menjadi suatu produk jadi.

Namun kondisi ini dapat dikurangi dengan penataan mesin secara efektif dan sesuai, sehingga pergerakan material dari satu mesin ke mesin lain dapat diperkecil. Tataletak mesin yang efektif ini akan menghasilkan penghematan waktu produksi dan memperkecil biaya produksi.

2. Tataletak Mesin

Tataletak mesin adalah penempatan dari perangkat (mesin-mesin) produksi yang terdapat didalam sebuah perusahaan atau pabrik yang dimana penempatan dari mesin-mesin tersebut diatur sedemikian rupa dan secermat mungkin dengan tujuan untuk mendapatkan keefisienan dan keefektifan baik dalam memproduksi suatu produk maupun dari sudut biaya.

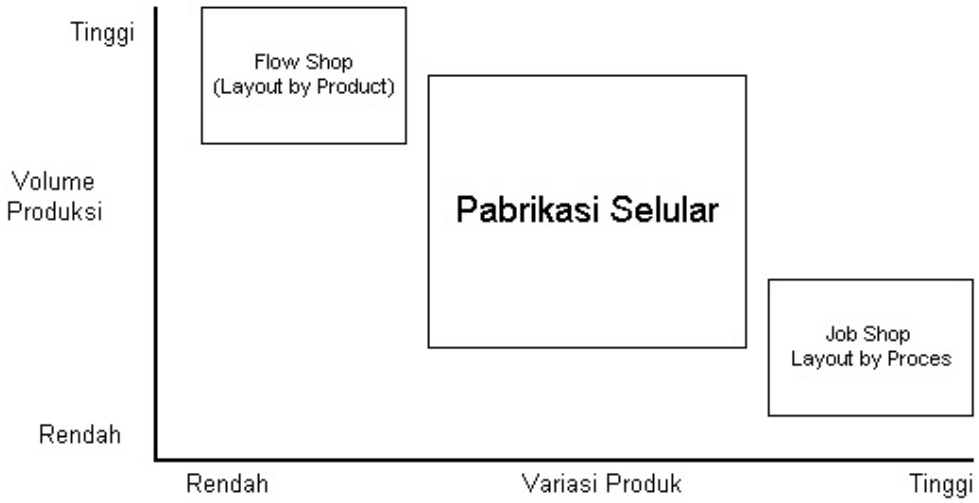
Tataletak mesin biasanya tergantung pada jenis industri pabrik. Dalam suatu keadaan dimana volume produk tinggi dan variasi produk rendah, proses pabrikasi dikenal sebagai suatu proses *flow shop* dan tataletak biasanya didasarkan pada produk. Oleh karena itu, tataletaknya disebut *layout by product*. Pada ekstrim lain, suatu pabrikasi mungkin memiliki suatu variasi produk tinggi dengan volume produksi rendah, proses ini dikenal sebagai *job shop* dan tata letaknya dikenal sebagai *layout by function* atau *layout by process*. Pabrikasi selular diberlakukan bagi sistem pabrikasi yang berada diantara ekstrim-ekstrim diatas dengan tata letaknya dikenal sebagai Tata letak Selular. Gambar 1.1 menunjukan jenis-jenis tata letak untuk tipe-tipe sistem manufaktur yang berbeda.

Dalam pabrikasi selular, masalah tataletak mesin pada dasarnya terkait dengan menemukan pengaturan mesin yang terbaik pada setiap sel. Salah satu jenis utama pengaturan dalam GT sel adalah *Single-row layout*, seperti ditunjukkan pada gambar 1.2. *Single-Row* atau dikenal juga sebagai tata letak alur bahan, digunakan ketika bahan ditugaskan kepada kelompok bahan-bahan yang mengikuti urutan mesin yang sama.

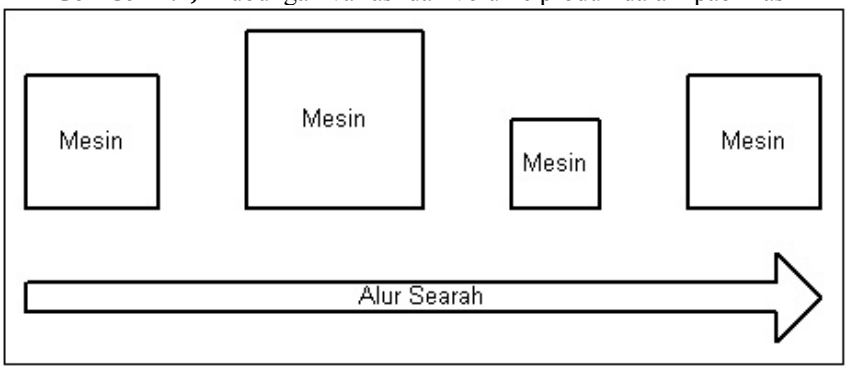
2.1 Keperluan data tataletak mesin

Data yang diperlukan untuk membentuk tataletak sel adalah sebagai berikut :

- Urutan operasi bahan.
- Dimensi mesin (panjang x lebar) serta *Clearance* mesin untuk membentuk matriks *adjecency* mesin.



Gambar 1.1, Hubungan variasi dan volume produk dalam pabrikasi



Gambar 1.2 Tata letak Single-row

- Matriks frekwensi alur pergerakan bahan dari mesin satu ke mesin yang lain.
- Area mesin yang diperlukan, untuk memperkirakan ukuran sel dan jarak antar mesin.

3. Pendekatan dalam Menemukan Tata letak Terbaik

Masalah tataletak mesin biasanya dipandang sebagai masalah optimisasi, tata letak terbaik ditemukan dengan mengoptimasi beberapa nilai ukuran pencapaian terhadap beberapa pembatas. Optimisasi berhubungan dengan masalah minimasi ataupun maksimasi sebuah fungsi dengan sejumlah variabel. Banyak teknik-teknik konvensional telah digunakan dalam menyelesaikan masalah tata letak mesin, namun dalam jurnal ini, penulis hanya akan membahas salah satu diantaranya sebagai pembanding terhadap Algoritma Genetik untuk menyelesaikan masalah tataletak mesin tersebut.

Tataletak *single-row* diuraikan sebagai tataletak yang mempunyai mesin hanya pada satu sisi dari peralatan penanganan material. Jenis peralatan penanganan material yang digunakan untuk tata letak jenis ini biasanya adalah *conveyor system* atau suatu AGV (*automatic guided vehicle)*.

Untuk membuat model pada permasalahan tata letak mesin, beberapa asumsi dibuat :

- Mesin berbentuk segi empat.
- Orientasi mesin diketahui, sebagai contoh, semua mesin dapat diorientasikan memanjang.
- Waktu proses setiap bahan sama.

.

3.1 Metode konvensional untuk tataletak mesin

Menemukan tataletak mesin terbaik dengan menggunakan metode konvensional secara garis besar adalah dengan cara menghitung alur terbesar antara 2 mesin pada matriks frekwensi alur (f_{ij}). Kemudian mesin-mesin lain ditempatkan di kiri dan kanan dari mesin-mesin yang dipilih berdasar alur terbesar tersebut.

Minimasi pergerakan total bahan dicapai berdasar formulasi berikut :

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} f_{ij} d_{ij}$$

Dimana
f = frekwensi pergerakan antar 2 mesin,
d = jarak perlanan bahan.
n = jumlah mesin.

Sedangkan langkah-langkah penyelesaian pada algoritma konvensional adalah sebagai berikut :

Langkah 1.

Dari matriks alur (f_{ij}), hitung fi*j* = max {fij : i,j = 1,2,…,n}(mencari alur mesin terbesar). Jika terdapat hubungan, fi*j* = max {fij • dij : i,j = 1,2,…,n}. Hubungkan i*, j* dan masukkan ke dalam set solusi. Set solusi = {i*, j*}.

Langkah 2.

Hitung : fp*q*= max {fi*k, fj*l: k,l ∑{1, 2, ..., m} - U}. Set s* = q*. Pertimbangkan 2 alternatif :

a. Tempatkan mesin s* di kiri mesin i*.
b. Tempatkan mesin s* di kanan mesin j*.

Hitung :

qs*i* = {fs*r• ts*r: r ∑ U dan mesin s* ditempatkan di kiri mesin i*}.

qj*s* = {fs*r• ts*r: r ∑ U dan mesin s* ditempatkan di kanan mesin j*}.

Jika q s * i* ≤ q j* s * ,

1. Pilih alternatif (a).
2. S e t i* = s * .

Jika q s * i* > qj* s * ,

1. Pilih alternatif (b).
2. S e t j* = s * .

U = U + s*.

Langkah 3.

Ulangi langkah 1 sampai solusi akhir didapat (sampai seluruh mesin termasuk kedalam set solusi U).

3.2 Metode algoritma genetik untuk tataletak mesin

Algoritma Genetik merupakan teknik pencarian yang meniru proses evolusi biologi. Karena biaya yang berhubungan dengan tataletak sebanding terhadap jarak yang dilalaui oleh bahan, algoritma genetik dikembangkan untuk permasalahan tataletak mesin memiliki sasaran memperkecil jarak yang dilalui oleh bahan. Dalam perumusan, biaya diasumsikan tetap. Sehingga, resultan tataletak akan benar-benar memperkecil ongkos jarak perjalanan.

Tataletak *Single-row* merupakan kasus khusus. Permasalahan dapat dipandang sebagai masalah pengurutan mesin, jadi dapat dipecahkan kedalam 2 langkah terpisah :

1. Mengurutkan mesin.
2. Membangkitkan tataletak aktual

Pada langkah pertama, urutan mesin telah dibangkitkan dan langkah kedua, tataletak aktual diciptakan menurut urutan dan keperluan geometris mesin. Ide dasar Algoritma Genetik dalam permasalahan ini adalah menciptakan tataletak aktual menurut urutan dan keperluan geometris mesin.

- **Representasi kromosom**

Sebuah cara langsung untuk mengkodekan tataletak mesin kedalam kromosom untuk kasus tataletak mesin adalah menggunakan permutasi mesin. Sebagai contoh, mesin diatur mengikuti urutan sebagai berikut :

[m2, m1, m4, m3, m5] dimana m_i merepresentasikan mesin ke i.

Kromosom V_k = [2 1 4 3 5].

- **Evaluasi**

Secara garis besar, untuk masalah n-mesin, kromosom V_k diberikan sebagai berikut : $V_k = \left[m_1^k, m_2^k, ..., m_n^k\right]$, dimana m_i^k merepresentasikan sebuah simbol mesin yang berada pada posisi i dari kromosom ke k. Kemudian total jarak dari kromosom ke k dapat dihitung sebagai berikut :

$$f_k = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} d_{ij} f_{ij}$$

Desain tataletak merupakan masalah minimasi, maka nilai fungsi objektif harus dikonversikan, sehingga kromosom yang lebih sesuai memiliki nilai fitness yang lebih besar. Konversi fungsi objektif diberikan sebagai berikut

$$eval(v_k) = \frac{1}{f_k}$$

dimana eval(V_k) merupakan fungsi fitness untuk kromosom ke k.

- **Seleksi**

Prosedur seleksi diberlakukan untuk memilih kromosom-kromosom yang akan membentuk populasi baru dengan distribusi probabilitas berdasar pada nilai fitness.

- **Crossover**

Prosedur crossover akan memilih secara acak titik perpotongan pada kromosom dan kemudian melakukan pertukaran gen untuk menghasilkan offspring (tataletak baru).

Pada permasalahan tataletak ini metode crossover yang digunakan adalah Position-Based Crossover.

- **Mutasi**

Prosedur Mutasi akan memilih secara acak titk mutasi *pada* kromosom, kemudian posisi gen-gen (sebagai titik mutasi) tersebut akan ditukarkan. Metode Mutasi yang digunkan pada

permasalahan tataletak mesin ini adalah Displacement Mutation.

4. Simulasi

Pada contoh simulasi permasalahan tataletak diberikan 5 mesin yang akan mengolah 5 bahan dengan data keperluan optimisasi diberikan pada catatan tambahan.

4.1 Algoritma Konvensional

Dengan mengikuti prosedur pada algoritma konvensional, tataletak terbaik ditemukan dengan urutan mesin [1 4 5 2 3].

Setelah tataletak ditemukan, setiap alur bahan disesuaikan dengan urutan mesin didalam sel dan dihitung jarak perjalanan yang dilaului setiap bahan, sehingga ditemukan minimasi jarak perjalanan sebesar 1643 (ditunjukan pada gambar 3.1 dan tabel 3.1).

4.2 Algoritma Genetik

Pada persoalan tataletak dengan 5 mesin hasil tataletak optimal ditemukan dengan urutan [1 4 5 2 3] dengan fungsi *fitness* sebesar 1643.

5. Kesimpulan

Penataletakan mesin dalam pabrikasi merupakan faktor yang cukup berpengaruh dalam proses produksi. Penataan yang tidak efektif akan berpengaruh pada kuantitas hasil produksi yang berpengaruh juga terhadap keuntungan (*profit*) perusahaan. Kendala dalam penataletakan mesin timbul pada saat sejumlah mesin ditata (diurutkan) dan harus sesuai dengan beberapa urutan operasi bahan. Algoritma genetik sebagai algoritma pencarian global mampu menyelesaikan permasalahan tataletak mesin dengan hasil jarak yang minimum.

Pencarian solusi terbaik pada algoritma genetik dilakukan secara acak (*random*) sebagai kandidat solusi, namun kandidat-kandidat solusi tersebut dijaga oleh aturan sesuaian (*fitness*) dalam setiap generasi sehingga pencarian akan selalu menuju soluasi yang optimum.

Pada kasus tataletak dengan jumlah mesin yang sedikit, hasil optimasi kedua algoritma sama, namun jika jumlah mesin yang akan dioptimasi sangat banyak maka algoritma genetik akan menghasilkan jarak yang lebih optimum dibanding dengan algoritma konvensional. Hal ini disebabkan karena pada algoritma konvensional optimasi jarak minimum dicari berdasarkan pada mesin-mesin yang memiliki alur frekwensi terbesar, jika terdapat lebih dari satu alur frekwensi terbesar, maka algoritma konvensional akan memilih salah satunya dan proses ini dilakukan berulang-ulang sampai seluruh mesin masuk kedalam urutan tataletak. Sedangkan pada algoritma genetik, tataletak terbaik dicari berdasar pada hasil minimasi jarak setiap kombinasi urutan mesin, sehingga pada saat proses iterasi (generasi) selesai, maka kombinasi tataletak terbaik yang ditemukan merupakan kombinasi urutan mesin yang memiliki jarak yang paling optimum.

Waktu komputasi pada algoritma genetik lebih lama dibanding dengan algoritma konvensional. Hal ini dikarenakan iterasi (generasi) pada algoritma genetik lebih banyak dibanding algoritma konvensional yang hanya sebanyak jumlah mesin – 2.

Referensi

1. M Gen, R Cheng. Genetic Algorithms & Engineering Design. John Wiley & Sons, Inc, 1997.
2. E Goldberg, Genetic Algorithm in Search Optimization & Machine Learning. Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1989.
3. M Apple. Tataletak Pabrik dan Pemindahan Bahan. Edisi Ketiga, Penerbit ITB Bandung1990.
4. N Morad, Genetic Algorithm Optimization for The Machine Layout. School of Industry Technology, University Sains Malaysia, 2003.
5. A Kusiak. Layout of Machine and Fasilities. The University of Iowa, 1999.
6. H Pohlheim.Genetic and Evolusionary Algorithm. Pohlheim@systemtechnic.tu-ilmenau.de.
7. S Eneyo, P Pannirselvan. The Use of Simulation in Fasility Layout Design: A Practical Consulting Experience. Department of Industrial and Engineering, Southern Illionis University at Edwardsvile, 1998.
8. A Pranata. Borland Delphi 6. Edisi 4, Penerbit Andi Yogyakarta, 2002.



Gambar 3.1, Tataletak terbaik

Tabel 3.1, Minimasi Jarak setiap bahan

Bahan/ Mesin	**1**	**4**	**5**	**2**	**3**	**Total**
1	105	40	90	22	40	297
2	210	45	90	22	105	472
3	40	90	30	40	26	226
4	170	40	50	30	26	316
5	170	40	35	22	65	332
			Alur Total		**1643**	

CATATAN TAMBAHAN

Data Dimensi Mesin

Mesin *i*	Dimensi l*i* x b*i* (meter)	Clearance (meter)
1	6 x 3	2
2	2 x 2	1
3	4 x 2	1
4	6 x 2	2
5	2 x 4	1

Data Urutan Operasi Bahan

Bahan	**Urutan Mesin**				
1	2	3	1	4	5
2	2	4	5	1	3
3	3	2	5	4	1
4	3	5	2	1	4
5	2	1	4	3	5

Matriks Adjecency Frekwensi

	1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	0	10	5	5	15
2	10	0	10	5	10
3	5	10	0	5	5
4	5	5	5	0	15
5	15	10	5	15	0

Matriks Adjecency Jarak

	1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	0	6	7	8	6
2	6	0	4	6	3
3	7	4	0	7	4
4	8	6	7	0	6
5	6	3	4	6	0